



PRZYCZYNY OSIADANIA BUDYNKÓW MIESZKALNYCH PO WZMOCNIENIU PODŁOŻA

ROMAN BEDNAREK, *bednarek@zut.edu.pl*

CYPRIAN SEUL

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie: W pracy przedstawiono przyczyny nadmiernego osiadania budynków posadowionych przy ul. Grafitowej w Mierzynie. Określono budowę geologiczną podłoża oraz oceniono warunki gruntowo-wodne z uwagi na nadmierne osiadanie fundamentów budynków mieszkalnych. Zastosowane wzmacnianie podłoża metodą jet-grouting nie przyniosło oczekiwanych rezultatów. Po wykonaniu pilotażowych badań podłoża gruntowego wskazano na przyczyny osiadania budynków zarówno przed jak i po wykonaniu iniekcji strumieniowej typu jet-grouting. Problem osiadania omawianych budynków jest nadal otwarty.

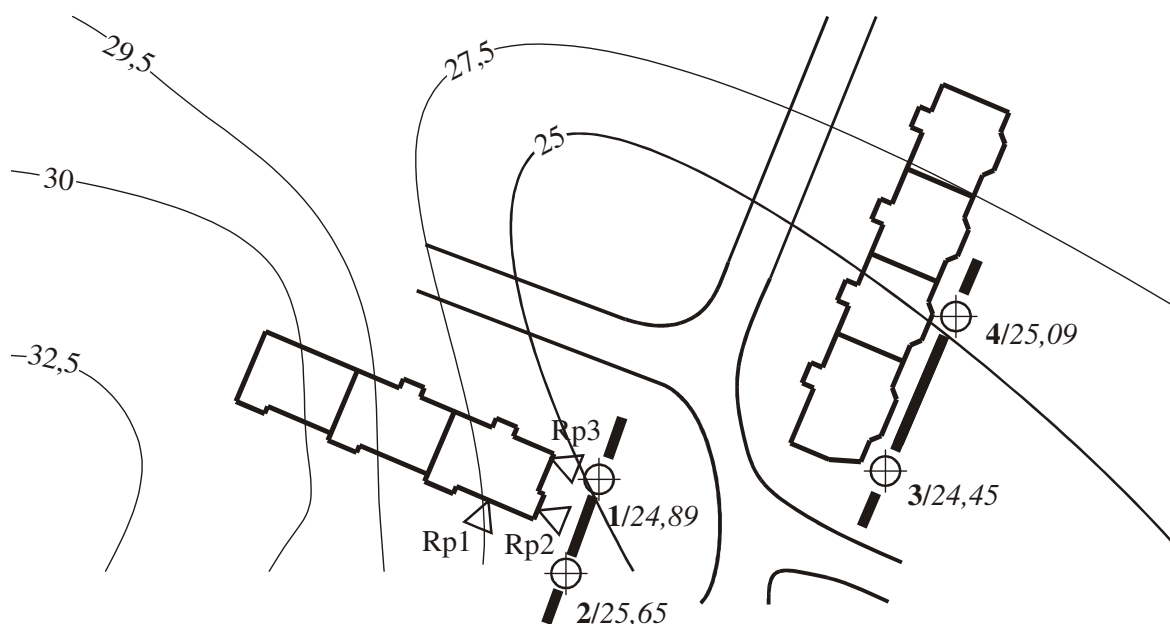
Słowa kluczowe: osiadanie konstrukcji, posadowienie fundamentów, grunty organiczne, grunty deluwialne, jet-grouting.

1. Wstęp

Oszczędności wprowadzane w początkowym etapie inwestycji często są przyczyną podwojenia wydatków w celu ratowania wykonanej budowli, konstrukcji, budynku. Złe rozpoznanie podłoża wiąże się później z wykonywaniem dodatkowych prac wokół fundamentów z zastosowaniem różnych technologii: jet-grouting, iniekcje, mikropale, podbicie fundamentów. Poprawa świadomości architektów i projektantów w zakresie potrzeb rozpoznawania podłoża gruntowego często hamowana jest przez samych inwestorów, którym zależy na etapie początkowym na jak najmniejszych wydatkach, wymagają od projektantów jedynie spełnienia warunków formalnych związanych z pozwoleniem na budowę. Dlatego bardzo często badania podłoża wykonywane są w zakresie niezadowalającym lub ich w ogóle się nie wykonuje. W przypadku posadowienia obiektów budowlanych w terenie niepewnym jak obszary zaburzeń glacytektonicznych, czy na obszarach wytopiskowych każda lokalizacja pod przyszłą inwestycję powinna zostać sprawdzona pod kątem rozpoznania warunków gruntowo-wodnych. Na powyższe zagadnienia zwracał uwagę Tarnowski [6] podsumowując różne przykłady awarii budowlanych przedstawianych w ciągu 25 lat na konferencjach Awarie Budowlane organizowanych przez Politechnikę Szczecińską a od 2009 r. przez Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Zaniechanie poprawnego rozpoznania podłoża gruntowego prowadzi do sytuacji, z którą muszą się mierzyć mieszkańcy budynków przy ul. Grafitowej. W pierwszych latach użytkowania budynków na ścianach ujawniały się rysy i pęknięcia, dlatego zdecydowano się na zastosowanie wzmocnienia podłoża pod fundamentem metodą jet-grouting. Po wykonanym wzmocnieniu podłoża zwiększyły się rysy na budynku i pojawiły się nowe, dlatego zdecydowano się w końcu wykonać badanie podłoża gruntowego w celu sprawdzenia warunków gruntowo-wodnych.

2. Opis terenu i warunków gruntowych

Pod względem geomorfologicznym teren, na którym zostały wybudowane budynki przy ul. Grafitowej należy do wysoczyzny morenowej pagórkowatej i falistej zaburzonej glaciektonicznie z licznymi wytopiskami [2] o rzędnych terenu dochodzących do 30–50 m n.p.m. Budynki posadowione zostały w dolnej części skłonu wysoczyzny i częściowo w wytopisku morenowym. Na rysunku 1. przedstawiono lokalizację budynków względem obniżenia terenu oraz wskazano miejsca wykonanych pomiarów geodezyjnych i badań gruntu.



Rys. 1. Lokalizacja budynków względem ukształtowania terenu i miejsca wykonanych prac badawczych

Obszar położony jest w zachodniej części Wału Stobniańskiego i jest to płaska i falista wysoczyzna morenowa w podłożu zaburzona glaciektonicznie [5]. Obszar ten powstał podczas rozwoju a następnie zaniku lądolodu z okresu zlodowacenia środkowopolskiego a następnie został przemodelowany przez lądolód bałtycki. Powstał wówczas wyższy poziom zaburzeń glaciektonicznych trzeciorzędowych ilów septariowych wieku oligoceńskiego. W czasie deglacjacji lądolodu o charakterze arealnym powstawały nierówności w kształcie podłużnych rynien i oczek, które w okresie holoceniowym wypełniane były gruntami między innymi organicznymi (torfy, namuły) [4]. Część materiału lodowcowego i wodnolodowcowego została zdenudowana i zalega w obniżeniach w postaci gruntów deluwialnych. Bardzo często na zboczach dolin rzecznych jak i obniżeniach wytopiskowych spływające, pełzające ze stoków piaski, gliny, pyły i iły deluwialne oraz koluwalne przykrywają zalegające na dnie zbiorników grunty organiczne. W rejonie strefy krawędziowej doliny Odry grunty deluwialne osiągają miąższość nawet do 6–8 m i przykrywają niekiedy torfy i namuły organiczne.

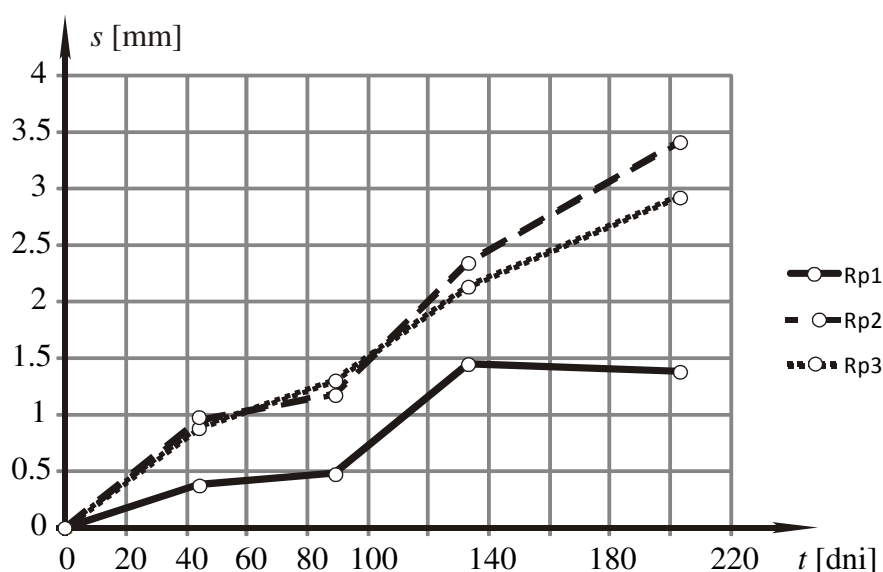
Omawiany rejon badań znajduje się w Mierzynie i należy do dolnej strefy krawędziowej wytopiska o powierzchni kilku hektarów. Porównując mapę geologiczną z końca XIX wieku [4] z mapami z połowy XX wieku (np. mapa topograficzna Szczecina i okolic w skali 1:10 000 wydana w 1941 r.) i końca XX wieku zauważa się znaczne przekształcenia antropogeniczne. Dawne jezioro zajmujące dolną część wytopiska częściowo uległo naturalnej eutrofizacji i zostało fragmentarycznie zasypane jeszcze przed pracami ziemnymi związanymi z budową osiedla mieszkalnego. Na terenie tym wybudowano dwu i trzykondygnacyjne budynki mieszkalne podpiwniczone. Po trzech miesiącach eksploatacji pojawiły się rysy i pęknięcia ścian

budynków. Zaleceniem nadzoru budowlanego było założenie plomb, w celu kontroli rozszerzania się rys. Plomby założono 2004 r. Po niecałym roku popękane plomby ujawniły „pracę budynku”. W celu określenia przestrzennego zróżnicowania pęknięć a w dalszym etapie pomiarów osiadania budynków firma geodezyjna w 2006 r. założyła repery (rys. 1). Warto nadmienić, że w centralnej części obniżenia wytopiskowego znajdującego się na wschód od omawianych obiektów zaczęto budowę dwóch ciągów szeregowców, które po postawieniu pierwszej kondygnacji i murów drugiej (bez położenia stropów) została przerwana i stoi od kilku lat niszcząc.

W celu oceny przyczyn pęknięć wykonano pomiary osiadania fundamentów w kilku wybranych miejscach. Wyniki osiadania reperów 1–3 przedstawiono w tabeli nr 1 i na wykresie (rys. 2). Pomiar osiadania trwał niespełna 200 dni w tym czasie przyjmując w momencie rozpoczęcia badań początek osiadań stwierdzono osiadania ponad 3 mm. W czasie obserwacji okazało się, że budynek cały czas osiada i to osiada nierównomiernie. Największe osiadanie zanotowano w narożniku w miejscu, gdzie zainstalowano reper nr 2.

Tabela 1. Wyniki pomiarów

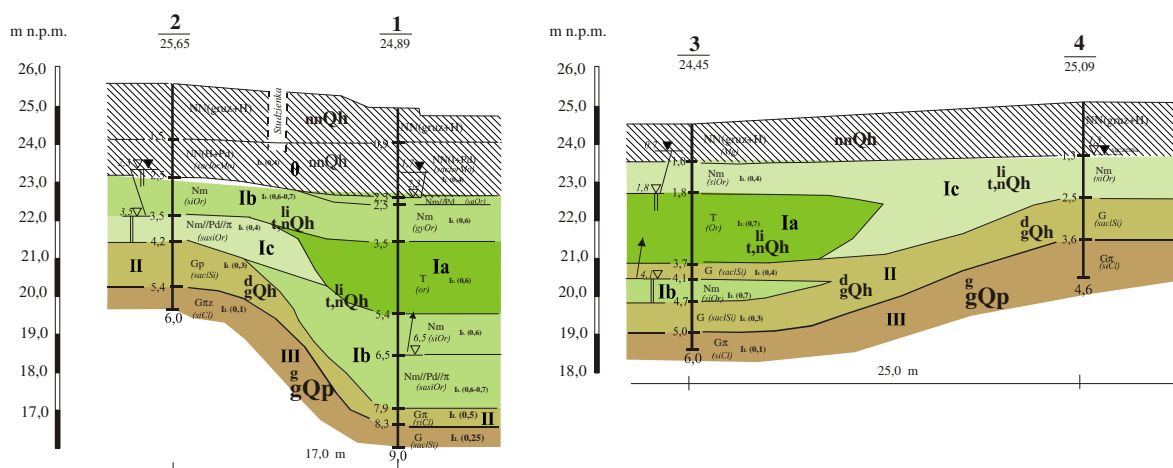
t [dni]	Rp1 s1 [mm]	Rp2 s2 [mm]	Rp3 s3 [mm]
0	0	0	0
44	0,38	0,96	0,89
89	0,48	1,18	1,31
133	1,46	2,35	2,14
203	1,38	3,42	2,93



Rys. 2. Wyniki pomiarów osiadania trzech punktów pomiarowych w okresie 200 dni

Po udokumentowaniu osiadań budynku, w roku 2008 użytkownicy podjęli decyzję o wzmocnieniu podłoża pod fundamentami metodą wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej. Technologia ta znana jest i wykorzystywana do zwiększania nośności gruntów na świecie, stosowana od ponad pięćdziesięciu lat. Do Europy przywędrowała z Japonii na początku lat siedemdziesiątych [3]. Iniekcja strumieniowa (ang. *jet grouting*) jest procesem wzmocniania podłoża gruntowego, polegająca na mieszaniu gruntu z zaczynem, tłoczonym pod wysokim ciśnieniem. W konsekwencji działania wysokoenergetycznego strumienia iniektu następuje całkowite zniszczenie naturalnej struktury i odpajanie gruntu oraz jego częściowa wymiana.

organiczne zalegają do głębokości 4,2 m w otworze nr 2 i do nawet 7,9 m w otworze nr 1. Grunty te są miękkoplastyczne i plastyczne. Pod gruntami organicznymi występuje warstwa glin deluwialnych plastycznych a poniżej na głębokości 5,4 m w otworze nr 2 oraz głębokości 8,2 m w otworze nr 1 znajdują się morenowe twardoplastyczne gliny pylaste. W rejonie otworów nr 3 i 4 pod nasypami występują grunty organiczne (namuły i torfy) do głębokości 2,5 m (otwór nr 4) oraz 3,7 m (otwór nr 3). Pod nimi znajduje się warstwa deluwialnych glin przemieszanych z namułami. Poniżej głębokości 3,6 i 5,0 (otwór nr 4 i 3) występują morenowe gliny pylaste. Na rysunku 4. przedstawiono wyniki badań podłoża gruntowego opracowane w dwóch przekrojach geotechnicznych.



Rys. 4. Przekroje geotechniczne

Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że:

- grunty zalegające w miejscu projektowanej inwestycji należą w wierzchniej warstwie do gruntów humusowych i nasypowych, które nie nadają się do bezpośredniego posadowienia fundamentów budynku trzykondygnacyjnego z piwnicą,
- zalegające poniżej grunty organiczne o znacznej miąższości nie nadają się do bezpośredniego posadowienia (warstwa nr I) obiektów budowlanych wywołujących pod fundamentem naprężenia przekraczające $\sigma = 30\text{--}40$ kPa,
- warstwa gruntów deluwialnych (II) charakteryzuje się słabymi parametrami wytrzymałościowymi, dopiero warstwa nr III charakteryzuje się dobrymi parametrami wytrzymałościowymi,
- dodatkowo występująca woda gruntowa uplastycznia grunty organiczne i deluwialne.

3. Podsumowanie

Wykonane odwierty w sąsiedztwie budynków mogą sugerować, że fundamenty nadmier-
nie osiadających budynków posadowione są na gruntach nasypowo-humusowych lub na
gruntach organicznych.

Wykonane wzmacnianie podłoża gruntowego metodą iniekcji strumieniowej nie zdało oczekiwanego egzaminu. Iniekcje, które sięgały około 1–2 m poniżej istniejących fundamentów najprawdopodobniej nie dochodziły do spągu słabych gruntów.

Iniekcje mogły spowodować również rozluźnienie częściowo skonsolidowanych gruntów organicznych, wiązanie zaczynu cementowego w środowisku kwaśnym, jaki towarzyszy grun-
tom organicznym był znacznie utrudniony. Powstałe pod fundamentem spetryfikowane bryły
dociążyły pozostałą część gruntów organicznych pozostawioną pod warstwą wzmocnioną.

Przedstawiona sytuacja pękania ścian i znacznego osiadania omawianych budynków wskazuje czasem na pobieżne czy nawet lekceważące traktowanie podłoża gruntowego na etapie projektowania a później wykonawstwa, co w efekcie końcowym prowadzi do znacznych kosztów w czasie usuwania przyczyn awarii.

Literatura

1. Gajewska B., Kłosiński B. Rozwój metod wzmocniania podłoża gruntowego. X seminarium – Geotechnika dla inżynierów. Wzmocnianie podłoża i fundamentów, *Warszawa*, 31 marca 2011, s. 13–54.
2. Karczewski A. Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej. Wyd. Instytut Paleogeografii i Geoekologii Uniwersytet im. A. Mickiewicza Poznań 2008.
3. Kłosiński B. Współczesne sposoby wzmocniania podłoża i fundamentów budowli. *Seminarium IBDiM i PZWFS „Wzmocnianie podłoża i fundamentów”*, Warszawa, 15 listopada 2007, s. 1–38.
4. Muller G. Geologische Karte von Preussen, blatt 31, Kreckow, Berlin 1889.
5. Piotrowski A. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski wraz z objaśnieniami, skala 1:50 000, ark. Dołuje (227). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1982.
6. Tarnawski M. Geotechniczne przyczyny awarii budowlanych. XXV konferencja naukowo-techniczna Awarie Budowlane, s. 1–225, Szczecin-Międzyzdroje 2011.

THE CAUSE OF THE SETTLEMENT OF HABITABLE BUILDINGS AFTER REINFORCING THE SOIL

Abstract: The paper introduces causes of the excessive settlement of building foundations on Grafitowa Street in Mierzyn. In view of the excessive settlement of the foundations of residential buildings, the ground and water conditions have been determined. The jet-grouting method applied in order to reinforce the soil did not yield expected results. Pilot studies of the soil indicated the causes of the settlement of buildings. The problem of the settlement of the buildings is still open.

Keywords: settlements of the structure, setting of foundations, organic soils, grounds deluvial, jet-grouting.